

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Pertama  
Sidang Akademik 1992/93

Oktober/November 1992

ZSC 317/3 - Ilmu Fizik Keadaan Pepejal II

Masa : (3 jam)

Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi EMPAT muka surat yang bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini.

Jawab mana-mana EMPAT soalan sahaja.  
Kesemuanya wajib dijawab di dalam Bahasa Malaysia.

1.(a) Berikan penjelasan ringkas mengenai:

- (i) serakan fonon oleh sempadan spesimen
- (ii) proses normal dalam interaksi fonon-fonon
- (iii) proses umklapp dalam interaksi fonon-fonon

(30/100)

(b) Logam-logam seperti aluminium dan tembaga mempunyai kekonduksian terma yang jauh lebih tinggi jika dibandingkan dengan bahan-bahan organik (seperti plastik dan getah). Jelaskan dengan ringkas bagaimana hal ini boleh terjadi.

(20/100)

(c) Jumlah tenaga getaran bagi suatu hablur pepejal pada suhu rendah adalah diberi oleh:

$$E_T = \frac{3\pi^4 N}{5} \frac{k_B T^4}{T_D^3} ;$$

N bilangan unit sel primitif,  $k_B$  pemalar Boltzmann, T suhu,  $T_D$  suhu Debye.

Dengan mengambil nilai  $T_D = 363K$  bagi suatu pepejal, anggarkan sumbangan fonon kepada haba tentu pepejal tersebut per unit sel primitif pada  $T = 20K$ .

$$[k_B = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}]$$

(50/100)

...2/-

2.(a) Jelaskan dengan ringkas perkara-perkara berikut:

- (i) pembentukan jalur tenaga dan jurang tenaga dalam hablur
- (ii) ketumpatan keadaan dalam suatu jalur
- (iii) nilai jisim berkesan elektron bergantung kepada tenaga dalam suatu jalur

(40/100)

(b) Tenaga-tenaga dalam suatu jalur tenaga adalah diberi oleh:

$$\mathcal{E}(\underline{k}) = \mathcal{E}_0 + (\hbar^2/2m^*)k^2$$

di mana  $\mathcal{E}_0$  adalah tenaga pada  $k = 0$  dan  $m^*$  adalah jisim berkesan elektron;

- (i) sekiranya jalur ini dihuni oleh satu elektron dengan momentum hablur  $\hbar \underline{k}_1$ , dapatkan ungkapan bagi ketumpatan arus
- (ii) sekiranya elektron kedua dengan momentum hablur  $-\hbar \underline{k}_1$  menduduki jalur tersebut, tunjukkan bahawa ketumpatan arus menjadi sifar
- (iii) jika suatu medan elektrik  $E$  dikenakan pada  $t=0$  pada keadaan awal seperti dalam (ii), dapatkan ungkapan ketumpatan arus selepas masa  $t$  (abaikan proses serakan).

(60/100)

3.(a) Terangkan dengan ringkas mengenai bagaimana terjadinya kesan Meissner dan tembusan fluks medan magnet dalam suatu superkonduktor.

(20/100)

(b) Dengan menggunakan model dua-bendalir dan persamaan asas gerakan elektron, terbitkan persamaan London pertama:

$$\underline{J}_s = \underline{E}/\Lambda \quad \text{di mana} \quad \Lambda = m/(n_s q^2) \quad ;$$

$n_s$  = kepekatan elektron super,  $q$  = cas elektron,  $v$  = halaju elektron,  $m$  = jisim elektron,  $J_s$  = ketumpatan arus dan  $\underline{E}$  = medan elektrik.

- 3 -

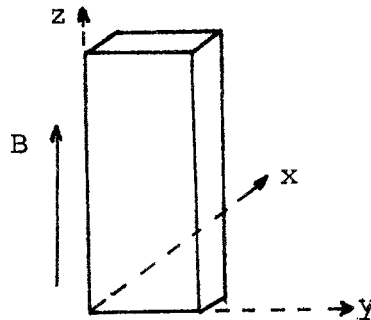
Seterusnya dengan menggunakan persamaan London kedua:

$$\nabla \times \underline{J}_s = -\underline{B}/\lambda \quad (\underline{B}: \text{ medan magnet}),$$

tunjukkan bahawa:  $\nabla^2 \underline{B} = \frac{n_s q^2 \mu_0}{m} \underline{B}$  ;  $\mu_0$  ketelapan vakum

(30/100)

- (c) Dalam Rajah dibawah, sekeping superkonduktor diletakkan sedemikian rupa supaya medan magnet  $\underline{B}$  yang dikenakan kepada superkonduktor itu adalah dalam arah  $z$  dan selari dengan satah  $xz$  dan suatu fungsi kepada  $y$ . Terbitkan ungkapan untuk ketumpatan arus dalam kawasan penembusan medan magnet.



(50/100)

- 4.(a) (i) Berikan beberapa contoh mekanisme pengkutuban dalam dielektrik dan terangkan secara ringkas setiap satunya.
- (ii) Apakah yang dimaksudkan dengan keferoelektrikan dan kesan piezoelektrik.

(20/100)

- (b) Terbitkan medan tempatan Lorentz yang bertindak keatas suatu atom dalam suatu hablur yang berada dalam medan elektrik luar  $E_0$  dengan menganggap bahawa atom-atom hablur tersebut adalah terdiri dari dwikutub-dwikutub yang tersusun secara kubus. Seterusnya tunjukkan bahawa kekutuban atom ( $\alpha$ ) adalah diberi oleh:

$$\alpha = 3\epsilon_0(\epsilon_r - 1)/[N(\epsilon_r + 2)]$$

di mana  $\epsilon_0$  = ketelusan vakum,  $\epsilon_r$  = ketelusan relatif bahan hablur dan  $N$  kepekatan dwikutub ( $m^{-3}$ ).

(40/100)

- 4 -

- (c) Suatu sampel intan (terdiri dari atom-atom karbon) mempunyai ketumpatan  $3.5 \text{ gm/cm}^3$  dan pengkutuban  $10^{-7} \text{ coul/m}^2$ ,

- (i) kira purata momen dwikutub per atom  
 (ii) tentukan jarak pemisahan purata di antara pusat-pusat cas positif dan negatif (karbon mempunyai nukleus dengan cas  $+6e$ , dikelilingi oleh 6 elektron):

(berat atom  $c = 12$ , pemalar Avogadro

$$N_A = 6.022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

$$\text{cas elektron } e = 1.602 \times 10^{-19} \text{ C})$$

(40/100)

- 5.(a) Berikan penerangan ringkas mengenai keparamagnetan dengan merujuk kepada teori kuantum apabila suatu bahan paramagnet dikenakan suatu medan magnet tertentu.

(30/100)

- (b) Dengan menganggap hukum Curie adalah benar pada suhu  $T > T_C$ , terbitkan ungkapan untuk medan molekul  $B_E$  suatu bahan feromagnet dalam sebutan suhu Curie  $T_C$ , pemalar Curie  $C$ , pemagnetan  $M$  dan ketelapan vakum  $\mu_0$ .

(35/100)

- (c) Dengan mengambil  $C = (N\bar{m}^2\mu_0)/3k$ , di mana  $N$  bilangan ion per unit isipadu bahan,  $\bar{m}$  momen magnet berkesan ( $\bar{m} = M/N$ ),  $k$  angkatap Boltzman, kira medan molekul  $B_E$  dari bahagian (b) untuk besi yang mempunyai suhu Curie  $1043\text{K}$  dan momen magnet berkesan  $2.2 \mu_B$  per ion.

$$[\mu_B = 9.27 \times 10^{-24} \text{ JT}^{-1}, k = 1.38 \times 10^{-23} \text{ JK}^{-1}]$$

(35/100)

- oooOOooo -